

I - 38 長周期変動風下における渦励振に関する研究

徳島大学大学院 学生員 ○守田 達哉 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学工学部 正員 野田 稔
徳島大学大学院 学生員 有馬 栄一

1.はじめに 乱れのスケールと橋梁の代表長を比較するとき、実橋における値と風洞実験における値では一般に大きな隔たりがある。そこで、風洞に改良を加え、自然風の構造に近い乱れ場を生成しようとする研究が近年進められている。しかし、通常の風洞実験では、格子乱流やスパイヤで乱れを発生させるのが一般的であり、大きなスケールの乱れを作ることには限界があった。また、これまでの風洞実験では自然風の長周期風速変動については評価されていない。ここでいう長周期変動風は平均風速が一定で小さな乱れも持っている乱流とは異なり、平均風速そのものの変動と見なし得る気流である。本実験では、この長周期変動風速が、渦励振を対象とした風洞実験の結果と実橋における現象が必ずしも一致しない原因の一つではないかと考え、風洞内で長周期の風速変動を生成し、一様流中の渦励振応答との比較を行うものとした。

2.実験概要 本実験では、8本のコイルバネ等により、たわみ1自由度のみの応答が出るように弾性支持した $B/D=2$ の矩形断面模型に対して、風速を正弦波的に変動させ、模型の応答挙動を測定した。模型の構造諸元を表1に、模型設置状況を図1に示す。また、一様流中における渦励振応答曲線を図2に示す。

本実験では吸い込み式 N.P.L 型風洞(測定胴部：幅 0.7m×高さ 1.5m×長さ 2.5m)を使用した。この風洞のファン用のモータはインバータ駆動の AC サーボモータであり、インバータに与える電圧信号によって駆動周波数を変化させ、自由に回転数を制御することが可能である。そこで D/A コンバータを用いて任意波形の電圧信号を出力し、風速制御を行った。変動風速は式(1)に示すような平均風速 V_m を中心とした変動振幅 ΔV 、変動周期 T' の正弦波的なものとした。

$$V(t) = U(t)/fD = V_m - \Delta V \sin(2\pi/T') \quad (1)$$

ここで、風速の変動振幅は図2に示した一様流中における渦励振発現風速域 ΔV_0 を基準とし、 $\Delta V/\Delta V_0$ が 0.1~0.6 の範囲になるように変化させ、風速の変動周期 T' は模型の固有周期 T を基準に $T'/T = 56.7 \sim 170.1$ の範囲に設定した。長周期変動風生成条件を表2に示す。

3.長周期変動風下における渦励振応答実験 はじめに正弦波的な長周期変動風速下における渦励振応答の一例として、図3に $V_m = 5.0$ 、 $\Delta V/\Delta V_0 = 0.1$ 、 $T'/T = 170.1$ の条件の風洞実験で得られた風速変動と渦励振応答の時刻歴波形を示す。この図に表われているように、長周期変動風速下における渦励振の応答振幅は風速の変動に同期して増減し、風速が最大となる時刻と応答量が最大となる時刻には時間差を生じる応答波形となった。次に、風速の変動周期、変動振幅、平均風速を変化させ、応答の影響を調べた。これらの一例として、図4~6に風速変動周期、変動振幅、平均風速の渦励振に及ぼす影響を示した。図4より変動周期が大きくなるほど、最大応答量と最小応答量の差が大きくなっていることが分かる。これは、 $\Delta V/\Delta V_0$ が 0.1~0.6 の全ての場合に認められた。次に図5より風速変動振幅が小さいほど、長周期変動風速下の渦励振は一様流中での応答に近づき大きくなっていることが分かる。図6においては履歴の回転方向に注目すると、渦励振発振領域内外における空気力の影響によって回転方向等が決まることが分かった。また、正弦波的な変動風速（風速変化率）による流体力形成の阻害があることが考えられた。

4.まとめ 本研究では、実橋で渦励振が観測されない理由の一つとして、固有周期の約 50~170 倍という長周期の風速変動のみでも渦励振が低減する可能性について検討した。その結果、渦励振の成長と減衰に要する時間の差によって渦励振の応答量が低減することが確認できた。実際には、従来から指摘されている小スケールの乱れの効果により渦励振の成長は更に阻害されることが考えられ、それぞれの効果が組み合わさり、渦励振の発現が抑制されているものと考えられる。今後、他断面についても検討していく必要がある。

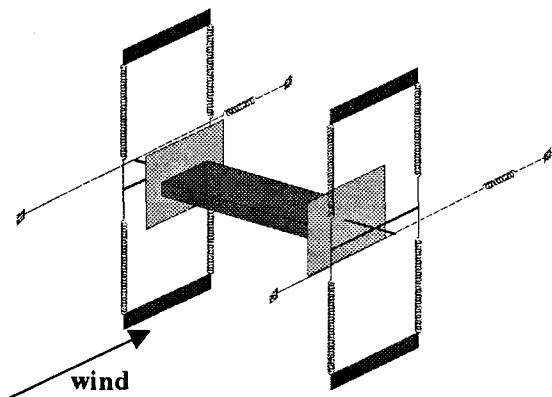


図1 模型設置状況

表1 模型の構造諸元

幅員: B	120mm
桁高: D	60mm
模型長: L	600mm
質量: m	1.19kg/m
固有振動数: f	5.7073Hz
構造振動数: δ	0.0159
スクルートン数: $2m\delta/\rho BD$	7.14

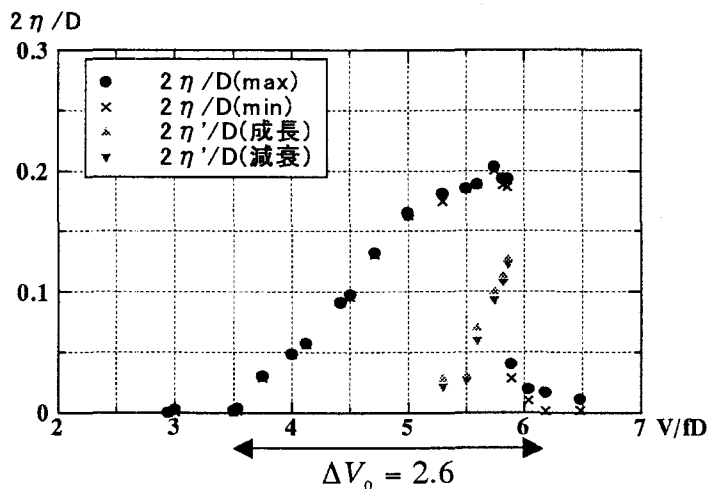


図2 一様流中における渦励振応答曲線

表2 長周期変動風生成条件

中心換算 風速 V_m	風速変動 幅 $\Delta V/\Delta V_0$	風速変動周期 T' (sec)	T'/T
5.0	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6	10,20,30	56.2, 113.4, 170.1
3.5, 4.0, 4.5, 5.5, 6.0	0.2, 0.4, 0.6	20,30	113.4, 170.1

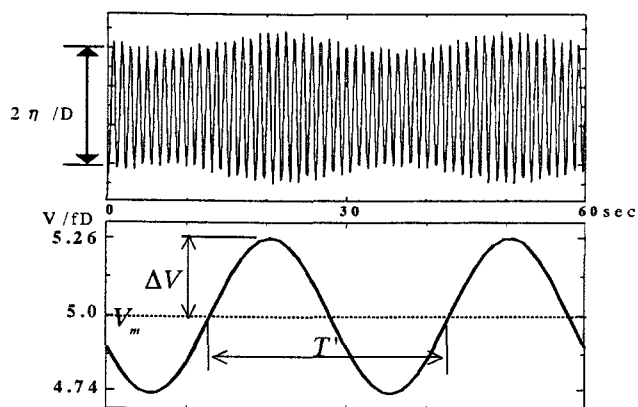


図3 長周期変動風における渦励振の時刻歴応答

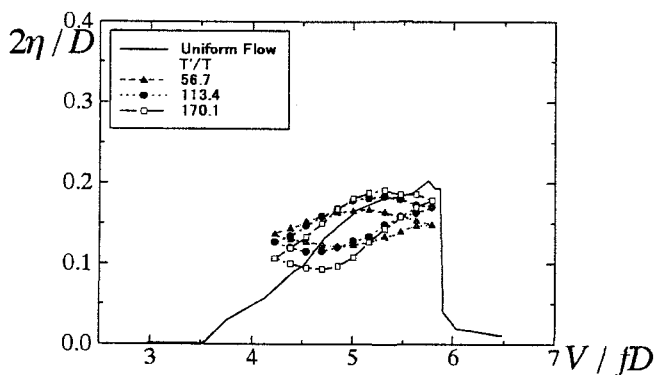


図4 $V_m=5.0$, $\Delta V/\Delta V_0=0.3$ における
変動周期の違いによる応答履歴

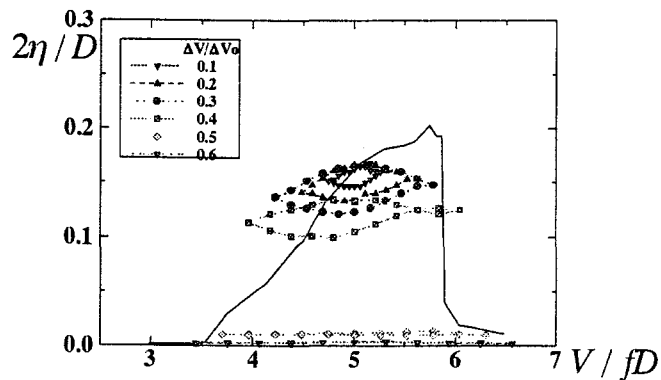


図5 $V_m=5.0$, $T'/T=55.2$ における
変動幅の違いによる応答履歴

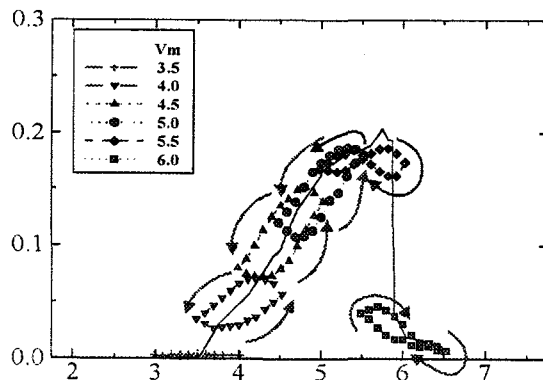


図6 $\Delta V/\Delta V_0=0.2$, $T'/T=170.1$ における
平均風速の違いによる応答履歴